

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Навчально-науковий інститут будівництва та архітектури
Кафедра міського будівництва і господарства

03-04-040M

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та виконання індивідуальної роботи
з дисципліни **«Міський транспорт»** для здобувачів вищої освіти
першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою
«Міське будівництво та господарство» спеціальності 192
«Будівництво та цивільна інженерія» усіх форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості
Навчально-наукового інституту
будівництва та архітектури
Протокол № 6 від 23.06.2020 р.

Методичні вказівки до практичних занять та виконання індивідуальної роботи з дисципліни «Міський транспорт» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Міське будівництво та господарство» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» усіх форм навчання [Електронне видання] / Піліпака Л. М. – Рівне : НУВГП, 2020. – 47 с.

Укладач: Піліпака Л. М., канд. тех. наук, доцент кафедри міського будівництва та господарства.

Відповідальний за випуск – Ткачук О. А., докт. тех. наук, професор, завідувач кафедри міського будівництва та господарства.

Керівник групи забезпечення спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» – Є. М. Бабич, докт. тех. наук, професор.

© Піліпака Л. М., 2020
© НУВГП, 2020

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ | 4 |
| 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ | 5 |
| 1.1. Завантаження транзитними кореспонденціями центрального транспортного вузла | 5 |
| 1.2. Аналіз плану міста з точки зору потреби в транспорті | 7 |
| 1.3. Вплив різних факторів на потребу в транспорті і на зображення транспортної мережі | 10 |
| 2. ПЕРЕСУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ В МІСТАХ | 12 |
| 2.1. Визначення кількості пересувань, загальна та транспортна рухливість міського населення | 12 |
| 2.2. Витрати часу на пересування | 14 |
| 2.3. Середньозважена витрата часу | 16 |
| 2.4. Розподіл пересувань по дальності, визначення середньої дальності поїздки | 18 |
| 3. ПРОЕКТУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ | 20 |
| Показники, що характеризують маршрутні системи | 20 |
| 4. МЕТОДИКА АНАЛІЗУ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ | 23 |
| 4.1. Аналіз транспортної мережі | 23 |
| 4.2. Побудова ізохронограм | 26 |
| 4.3. Складність сполучення та транспортна доступність | 29 |
| 4.4. Варіантне проектування транспортної системи та попередній вибір видів транспорту | 31 |
| 5. РОЗРАХУНОК ТА ПОБУДОВА ПАСАЖИРОПОТОКІВ | 34 |
| 5.1. Розрахунок та побудова картограми пасажиропотоків | 34 |
| 5.2. Коректування транспортної та маршрутної систем | 38 |
| 6. РОЗПОДІЛ РУХОМОГО СКЛАДУ ПО МАРШРУТАХ | 41 |
| 7. РЕГУЛЯРНІСТЬ ТА ІНТЕРВАЛИ РУХУ МПТ | 42 |
| 7.1. Маршрутний інтервал та частота руху | 42 |
| 7.2. Мережевий інтервал | 43 |
| ДОДАТОК | 45 |
| ЛІТЕРАТУРА | 46 |

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Мета даних методичних вказівок - допомогти студентам у підготовці до практичних занять з дисципліни "Міський транспорт", а також розрахунково-графічної та самостійної роботи студента при вивченні теоретичного матеріалу та вирішенні транспортних задач у містобудуванні.

Дані методичні вказівки допомагають студентам усіх форм навчання при самостійному та дистанційному вивченні дисципліни опанувати викладений матеріал, навчитись вирішувати задачі транспортно-планувального та містобудівного характеру, а саме визначати витрати часу на трудові та культурно-побутові пересування (поїздки) населенням міста; будувати кілометрограми на планах міст, ізохронограми доступності в часі до вказаних об'єктів чи фокусів тяжіння (центр міста, центри промислових районів, зон відпочинку, об'єктів зовнішнього транспорту та інших значних об'єктів містобудівного значення) а також картограми пасажиропотоків по магістральній вулично-дорожній мережі міста; визначати маршрутні інтервали, частоту руху масового пасажирського транспорту та аналізувати якість і обсяг роботи масового пасажирського транспорту в населених пунктах тощо.

У методичних вказівках наводяться різнотипні задачі, які в поєднанні з теоретичним курсом дозволяють більш глибоко засвоїти матеріал дисципліни, ґрунтовно підготуватися до підсумкового контролю та державного іспиту бакалавра за спеціальністю "Будівництво та цивільна інженерія" (Міське будівництво і господарство).

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

1.1. Завантаження транзитними кореспонденціями центрального транспортного вузла

Проводячи аналіз залежності ступеню непрямолінійності сполучень прийнятої геометричної схеми побудови транспортної мережі, можна порівняти між собою чотири схеми: радіальну, радіально-кільцеву, прямокутну та прямокутно-діагональну. При цьому доцільно розглянути й таку важливу характеристику, як завантаження транзитними кореспонденціями центрального транспортного вузла, що певним чином визначає пропускну здатність всієї системи.

Завдання: Визначити завантаження транзитними кореспонденціями центрального транспортного вузла населеного пункту. З метою отримання порівняльних показників необхідно прийняти умови: площа міста $F=44-145 \text{ км}^2$, загальна довжина мережі $L_m=95-108 \text{ км}$ при її щільності від 0,66 до 0,75 км/км^2 .

Варіанти схем мережі наведені на рис. 1.

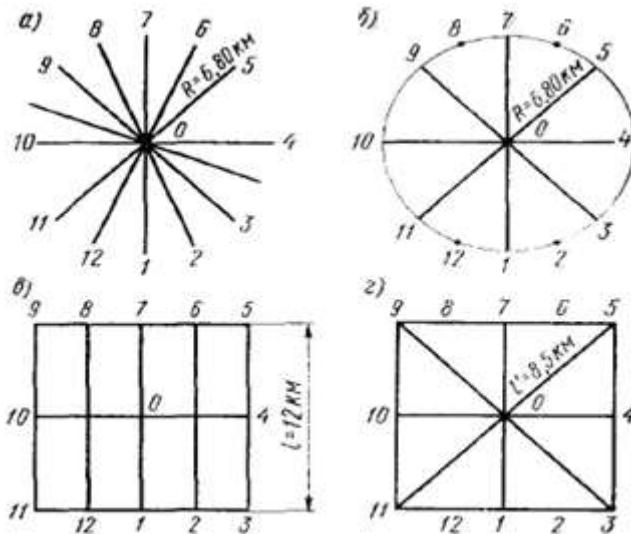


Рис.1.Співставлявальна характеристика геометризованих схем

Розв'язок: На рис. 1 і в табл. 1 розглянуті кореспонденції 12 пунктів, розташованих на периферії міста, як між собою, так і з центром міста. Як показують дані таблиці, "чиста" **радіальна** схема в транспортному відношенні найменш прийнятна, тому що їй відповідає найбільша довжина всіх кореспонденції, а відповідно збільшується середня дальність пересування.

Таблиця 1

Порівняльний аналіз геометризованих схем

| Схема планування (див. рис. 1) | Загальна довжина всіх кореспонденцій, км | Кількість всіх кореспонденцій | Середня довжина кореспонденцій, км | Загальна довжина по повітряній лінії, км | Коефіцієнт непрямої лінійності | Зв'язок периферійних пунктів між собою | | |
|-----------------------------------|--|-------------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------|--|-------------------------------|--|
| | | | | | | кількість кореспонденцій | із них з проходом через центр | кореспонденції з проходом через центр, % |
| Радіальна(а). | 1802 | 144 | 12,5 | 1260 | 1,43 | 132 | 132 | 100 |
| Радіально-кільцева(б). | 1399 | 144 | 10,1 | 1260 | 1,10 | 132 | 60 | 46 |
| Прямокутна(в) | 1772 | 144 | 11,4 | 1347 | 1,32 | 132 | 4 | 3 |
| Прякутно-діагональна(г). | 1480 | 144 | 10,7 | 1347 | 1,10 | 132 | 60 | 46 |

Крім того, дана схема характеризується найбільшим коефіцієнтом непрямої лінійності, а також значним перевантаженням центру, оскільки всі зв'язки периферійних точок між собою здійснюються через центр міста.

Радіально-кільцева схема відрізняється значно кращими показниками: істотно зменшуються загальна довжина

кореспонденції і середня довжина кожної з них; знижуються коефіцієнт непрямолінійності та завантаження центру.

Що стосується *прямокутної* системи, то по такому важливому показнику, як коефіцієнт непрямолінійності, вона уступає радіально-кільцевий Введення діагональних магістралей, що забезпечують зв'язки між найважливішими пунктами по найкоротших напрямках, значно поліпшує прямокутну схему.

До переваг *прямокутно-діагональної* схеми варто віднести високу пропускну здатність всієї системи магістралей, так як при прямокутній і прямокутно-діагональній схемах порівняно просто можуть бути створені дублюючі транспортні лінії на кожному із завантажених напрямків. Створення магістралей-дублерів в умовах інших планувальних схем завжди пов'язане із значними труднощами, що практично обмежує пропускну здатність транспортної мережі в цілому.

1.2. Аналіз плану міста з точки зору потреби в транспорті

Крім населення міста і відповідного розміру території на об'єм роботи транспорту істотний вплив роблять особливості міського плану. Розроблені методи аналізу міського плану дозволяють дати об'єктивну оцінку тому або іншому планувальному рішення з точки зору потреби в транспорті. Дуже важливий показник міського плану - ступінь його компактності, який безпосереднім чином впливає на дальність поїздки пасажирів, а отже, і на об'єм транспортної роботи. Вимірювачем ступеню компактності плану можна вважати "віддаленість населення від центру міста", яка є середньозваженою (по населенню) відстанню всіх зон міста від загальноміського центру.

Для визначення "віддаленості населення" необхідно побудувати на плані міста так звану кілометрограму, сумішену з точковою планограмою розселення. Кілометрограма – сукупність кілометричних ліній, кожна з яких представляє собою геометричне місце точок, рівновіддалених від центру побудови.

Завдання: На точковій планограмі (рис. 2), де одна крапка відповідає 500 жителям, побудувати кілометрограму, визначити віддаленість населення" до центру та вказати до якої групи міст по віддаленості відноситься даний населений пункт.

Розв'язок: Від центру побудови (в даному випадку – від умовного точкового загальноміського центру) відкладаються по основних вулицях, що сходяться, відстані, рівні 1, 2, 3, ..., n км (рис. 3). Потім із отриманих точок проводяться лінії під кутом 45° до осі вулиці, поки вся територія міста не буде покрита кілометричними лініями. Перетинаючись, вони утворюють замкнутий контур, кожна точка якого рівновіддалена від центру.

Шукана "віддаленість населення" отримується, якщо побудовану кілометрограму сумістити з точковою планограмою розселення жителів міста та визначається за формулою



Рис.2. Точкова планограма розселення жителів міста

$$L_{сид} = \frac{\sum_{i=1}^n H_{\kappa(i-j)} \cdot [L_{\kappa i} + L_{\kappa j}]}{2H}$$

де $L_{сид}$ -середньозважена віддаленість населення, км;

$H_{\kappa(i-j)}$ -чисельність населення зони, обмеженої i -ю та j -ю кілометричними лініями;

$L_{\kappa i}$ -відстань i -ї кілометричної лінії від центру побудови, км;

$L_{\kappa j}$ -відстань j -ї кілометричної лінії від центру побудови, км;

H -населення міста;

n -кількість кілометричних зон.

Розрахунок віддаленості населення зводимо в табл. 2, складену для міста з населенням 133 тис. жителів.

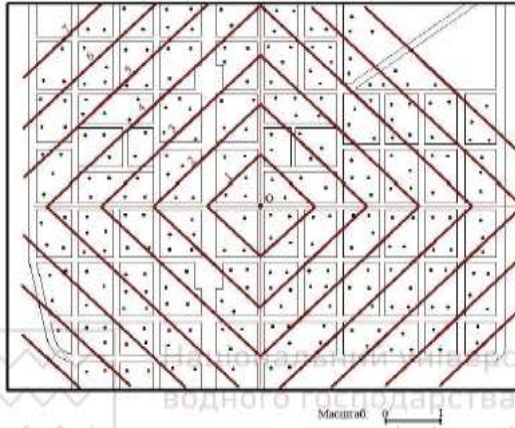


Рис. 3. Точкова планограма розселення жителів міста суміщена з кілометрограмою

Таблиця 2

Розрахунок віддаленості населення від центру міста

| № кілометричної зони | Межі зони, км | Кількість жителів, тис. осіб | Середня відстань від зони до центру, км | Момент $H_{k(i-j)} \frac{L_{k(i)} + L_{k(j)}}{2}$ тис. люд-км |
|----------------------------|---------------------|------------------------------------|--|---|
| 1 | 0–1 | 4,5 | 0,5 | 2,25 |
| 2 | 1–2 | 12,5 | 1,5 | 18,75 |
| 3 | 2–3 | 22,5 | 2,5 | 56,25 |
| 4 | 3–4 | 29,5 | 3,5 | 103,25 |
| 5 | 4–5 | 33 | 4,5 | 148,5 |
| 6 | 5–6 | 23 | 5,5 | 126,5 |
| 7 | 6–7 | 8 | 6,5 | 52,0 |
| | — | 133 | — | 507,5 |

$$L_{від} = \frac{507,5}{133} = 3,82 \text{ км.}$$

За ознакою віддаленості населення від загальноміського центру (табл. А додатку) даний населений пункт відноситься до **III групи міст з помірною віддаленістю**.

1.3. Вплив різних факторів на потребу в транспорті і на зображення транспортної мережі

Зі всіх пересувань, які здійснює населення міста, найбільш зосередженими в часі, обов'язковими і терміновими є пересування від місця проживання до місця роботи. Саме тому на потребу в транспорті і на зображення транспортної мережі найбільш значний вплив роблять розселення трудящих по відношенню до місця роботи і взаємне розташування житлових і промислових зон.

Найбільш виразно цей вплив помітний, якщо порівняти обсяг роботи пасажирського транспорту в містах однакового розміру, але з різною системою розміщення житла і промисловості. Розглянемо два характерні випадки: перший є містом з чітко розмежованими житловою і промисловою зонами (рис. 4а) і другий - місто, сформоване із комплексних промислово-житлових районів (рис. 4б). Найважливішим показником, що визначає загальну потребу в пасажирському транспорті, потужність транспортної системи і масштаби транспортного господарства, є обсяг роботи пасажирського транспорту.

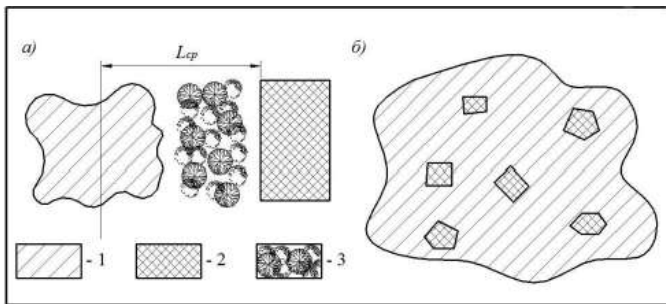


Рис. 4. Взаєморозміщення житла та промисловості:
а—ізольоване; б—сумішене; 1—сільбищна територія; 2—промислові підприємства; 3—санітарно-захисна зона

Завдання: Визначити та порівняти обсяг роботи пасажирського транспорту якщо: на схемі а) середня дальність поїздки $L_{cp} = 3,8 \text{ км}$,

середньозважений коефіцієнт користування транспортом $\varphi=1$; на схемі б) середня дальність поїздки $L_{cp} = 2,3\text{ км}$, середньозважений коефіцієнт користування транспортом $\varphi= 0,75$. Кількість робочих днів в рік $n=220$, кількість пересувань з трудовою метою за добу $f_m = 160 \text{ тис.}$ Необхідно зробити висновок з наведенням обґрунтувань.

Розв'язок: Обсяг роботи пасажирського транспорту визначається за формулою

$$M = f_m \cdot \varphi \cdot n \cdot L_{cp}$$

У першому випадку всі 160 тис. трудящих будуть пасажирями міського транспорту зважаючи на значну віддаленість житлової зони від місць прикладання праці. В другому випадку при дисперсному розміщенні промислових підприємств частина трудящих буде розселятися в зоні пішохідної доступності від місця роботи.

$$M' = 160000 \cdot 1 \cdot 220 \cdot 3,8 = 133760000 \text{ пас.} - \text{км.}$$

$$M'' = 160000 \cdot 0,75 \cdot 220 \cdot 2,3 = 60720000 \text{ пас.} - \text{км.}$$

Отже, обсяг роботи пасажирського транспорту для перевезення містоутворюючих трудящих виявляється різним в схемі а та б. Так в першому випадку обсяг більший на 73040000 пас.-км (на 54,6%), ніж в другому.

Інакше кажучи, при формуванні міста з комплексних промислово-житлових районів обсяг роботи транспорту по основних пасажироперевезеннях може бути скорочений більш ніж удвічі (на 54,6%) в порівнянні з першим варіантом.

Таким чином, при вирішенні питання про взаєморозташування житлових і промислових зон необхідно враховувати окрім інших факторів і такий важливий фактор як очікуваний обсяг роботи пасажирського транспорту.

2. ПЕРЕСУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ В МІСТАХ

2.1. Визначення кількості пересувань, загальна та транспортна рухливість міського населення

Проектування міських транспортних мереж передбачає виявлення очікуваного пасажиронавантаження, що в свою чергу вимагає визначення характеру пересувань населення як по частоті, так і за напрямом. Таким чином, первинною задачею потрібно вважати розрахунок кількості пересувань міського населення.

З цією метою все міське населення поділяється на наступні групи:

- а) працівники містоутворюючих підприємств і установ;
- б) працівники обслуговуючих підприємств і установ;
- в) студенти вузів та технікумів;
- г) несамодіяльне населення (діти дошкільного і шкільного віку, пенсіонери, домогосподарки, інваліди).

Всі групи населення різною мірою беруть участь в пересуваннях по місту, які пов'язані з різними формами життєдіяльності.

Класифікація пересувань за метою в найпростішому виді передбачає розподіл їх на дві групи:

1) пересування, пов'язані з місцями праці та навчання:

- трудові;
- ділові, які здійснюються протягом робочого дня;
- учбові, які враховують пересування студентів вузів і технікумів, а також учнів спецшкіл;

2) пересування, пов'язані з об'єктами культурно-побутового обслуговування населення.

Пересування, пов'язані з об'єктами культурно-побутового обслуговування населення, слід розділяти за двома ознаками в залежності від того, звідки вони здійснюються: а) з будинку і б) не з будинку, а також залежно від того, до якого об'єкту вони направлені – до об'єкту загальноміського значення чи до інших об'єктів.

Загальною рухливістю міського населення називається середня кількість всіх пересувань, яка припадає на одного жителя в рік. При цьому кількість пересувань, пов'язаних з місцями праці та навчання є достатньо стабільною. Кількість ділових пересувань, здійснюваних протягом робочого дня, згідно рекомендації [6] складає в середньому 595 від трудових. Розміри рухливості населення з культурно-побутовою метою є менш визначеними і вимагають для отримання достовірних даних проведення досліджень.

При підрахунку загальної кількості пересувань по місту для визначення рухливості населення необхідно врахувати, що, крім постійного населення в межах міста здійснюють пересування і жителі приміської зони, що прибувають в місто.

Завдання: Визначити транспортну рухливість населення за рік в місті з населенням 280 тис. жителів, якщо структура населення розподіляється наступним чином:

- містоутворююча - 31 %;
- містообслуговуюча - 18 %;
- студенти ВУЗів та технікумів - 4 %;
- несамодіяльне населення - 47 %.

Трудові пересування становлять 218 в рік в одному напрямі на одного працюючого, ділові - 59 від трудових, на навчання - 224 в рік в одному напрямі на одного студента та культурно-побутові - 340 в рік в одному напрямі на одного жителя міста

Середньозважений коефіцієнт користування транспортом - 0,72.

Розв'язок:

Визначаємо трудові пересування

$$N_{mp} = H \cdot \Delta_i \cdot p_i = 280000 \cdot (0,31 + 0,18) \cdot 218 = \\ = 29909600 \text{ пересувань}$$

Визначаємо ділові пересування

$$N_{dil} = N_{mp} \cdot \Delta_i = 29909600 \cdot 0,0 = 1495480 \text{ пересувань}$$

Визначаємо пересування на навчання

$$N_{навч} = H \cdot \Delta_i \cdot p_i = 280000 \cdot 0,04 \cdot 224 = 2508800 \text{ пересувань}$$

Визначаємо культурно-побутові пересування

$$N_{к-п} = H \cdot p_i = 280000 \cdot 340 = 95200000 \text{ пересувань}$$

Кількість всіх пересувань по місту становить

$$N = 29909600 + 1495480 + 2508800 + 95200000 = 129113880 \text{ пересувань}$$

Кількість пересувань, що приходяться на одного жителя (рухливість населення) визначається за формулою

$$P = N/H = 129113880/280000 = 462 \text{ пересувань}$$

Кількість пересувань, що здійснюються за допомогою транспорту (транспортна рухливість)

$$D = P \cdot \varphi = 462 \cdot 0,72 = 333 \text{ поїздки}$$

2.2. Витрати часу на пересування

Витрати часу на пересування за допомогою транспорту складаються з декількох доданків, що відповідають структурі самого пересування. У загальному вигляді ця величина може бути представлена наступною формулою

$$T = t'_{ниш} + t_{оч} + t_{mp} + t''_{ниш} = 60 \left[\frac{l'_{ниш} + l''_{ниш}}{v_{ниш}} + \frac{L_{mp}}{v_c} \right] + \frac{t_m}{2},$$

де t'_{niu} і t''_{niu} – витрати часу на перший і другий пішохідний підхід, хв;

$t_{оч}$ – витрата часу на очікування транспорту, хв;

t_{mp} – витрата часу на поїздки в транспорті, хв;

l'_{niu} і l''_{niu} – довжина першого і другого пішохідного підходу, км;

L_{mp} – дальність поїздки на транспорті, км;

v_{niu} і v_c – швидкості руху пішохода та сполучення транспорту, км/год;

t_m – маршрутний інтервал, хв.

Завдання: Визначити витрату часу на пересування з культурно-побутовою метою, якщо довжина пішохідного підходу від місця проживання до зупинки $l'_n = 300$ м, швидкість пішохода $v_{niu} = 4$ км/год, швидкість сполучення $v_c = 20$ км/год, відстань від зупинки до місця призначення $l''_{niu} = 250$ м, маршрутний інтервал становить $t_m = 4$ хв, середня дальність поїздки $L_{mp} = 6$ км.

Накреслити графік залежності витрат часу від пройденого шляху.

Розв'язок: Витрата часу на пересування за допомогою транспорту складається з декількох доданків та визначається за формулою

$$T = t'_{niu} + t_{оч} + t_{mp} + t''_{niu} = 60 \left[\frac{l'_{niu} + l''_{niu}}{v_{niu}} + \frac{L_{mp}}{v_c} \right] + \frac{t_m}{2};$$

де

$$t'_{niu} = \frac{60 \cdot l'_{niu}}{v_{niu}} = \frac{60 \cdot 0,3}{4} = 4,5 \text{ хв};$$

$$t_{оч} = \frac{t_m}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ хв};$$

$$t''_{niu} = \frac{60 \cdot l''_{niu}}{v_{niu}} = \frac{60 \cdot 0,25}{4} = 3,75 \text{ хв};$$

$$T = 4,5 + 2 + 18 + 3,75 = 28,25 \text{ хв}.$$

За отриманими даними викреслюємо графік залежності витрати часу від пройденого шляху (рис. 5).

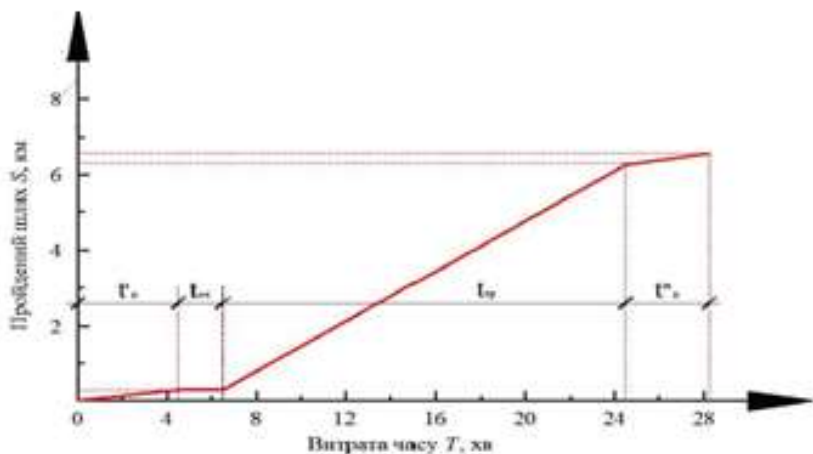


Рис. 5. Графік залежності витрати часу від пройденого шляху

Якщо ввести поняття «швидкості пересування», що є часткою від ділення всього пройденого шляху на суму витрати часу, то для даного випадку вона виявиться рівно 13,91 км/год. Саме з такою швидкістю в даних конкретних умовах переміщається житель міста з точки виходу до місця призначення

$$v_{пер} = \frac{60 \cdot (L_m + l'_{niu} + l''_{niu})}{T};$$

$$v_{пер} = \frac{60 \cdot (6 + 0,3 + 0,25)}{28,25} = 13,91 \text{ км/год.}$$

Цей показник надзвичайно важливий, так як визначає фактичні витрати часу на пересування і характеризує у всій сукупності рівень транспортного обслуговування населення.

У процесі проектування нових транспортних систем або реконструкції існуючих варто впливати на скорочення окремих складових сумарної витрати часу. Скоротити витрати часу на пішохідні підходи можна, мабуть, за рахунок підвищення (у визначених межах) щільності транспортної мережі; зменшити час на чекання можна, скорочуючи маршрутні інтервали; нарешті скорочення витрати часу безпосередньо на поїздку в транспорті досягається за рахунок підвищення швидкості сполучення.

2.3. Середньозважена витрата часу

Важливим показником при проектуванні транспортних систем є середньозважена витрата часу на трудові пересування по місту в цілому, яку можна обчислити, якщо відомо характер "трудового розселення" жителів міста по часових зонах

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{cp} \cdot p}{100}$$

де T_{cp} – середньозважена витрата на трудові пересування по місту, хв;

t_{cp} – середня "часова віддаленість" кожної зони, хв;

p – частка жителів у відповідній часовій зоні, 95;

n – кількість часових зон.

Завдання: Визначити середньозважену витрату часу на трудові пересування по місту в цілому якщо відоме розселення населення по часових зонах (табл. 3).

Таблиця 3

Розселення населення по часовим зонам

| Часові зони, хв | Чисельність населення міста, тис. осіб |
|-----------------|--|
| 0 – 15 | 79,35 |
| 15 – 25 | 120,05 |
| 25 – 35 | 86,30 |
| 35 – 45 | 62,15 |
| 45 – 55 | 52,80 |
| 55 – 65 | 40,55 |
| Всього | 441,20 |

Розв'язок: Середньозважена витрата часу на трудові пересування по місту в цілому визначається за формулою

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{cp} \cdot p}{100}$$

Розрахунок наведено у таб. 4.

Таблиця 4

Визначення середньої «часової віддаленості»

| Часові межі зони, хв | Чисельність населення міста, тис. осіб | Доля ти, хто розселяється по зонах, % | Середня «часова віддаленість» кожної зони, хв |
|-------------------------------|---|---|---|
| 0 – 15 | 79,35 | 17,99 | 7,5 |
| 15 – 25 | 120,05 | 27,21 | 20 |
| 25 – 35 | 86,30 | 19,56 | 30 |
| 35 – 45 | 62,15 | 14,09 | 40 |
| 45 – 55 | 52,80 | 11,97 | 50 |
| 55 – 65 | 40,55 | 9,18 | 60 |
| Всього | 441,20 | 100 | — |

$$T_{cp} = \frac{7,5 \cdot 17,99 + 20 \cdot 27,21 + 30 \cdot 19,56 + 40 \cdot 14,09 + 50 \cdot 11,97 + 60 \cdot 9,18}{100} = 29,8$$

2.4. Розподіл пересувань за дальністю, визначення середньої дальності поїздки

Для того щоб від кількості пересувань перейти до кількості поїздок, необхідно знати дальність пересувань, яка залежить від розселення жителів по відношенню до пунктів тяжіння. Крива розселення населення по кілометричних зонах, побудована для того або іншого фокуса тяжіння, є не що інше, як крива розподілу пересувань до цього пункту по дальності, яку за допомогою коефіцієнтів користування транспортом можна перетворити в криву розподілу поїздок по дальності.

Завдання: Визначити середньозважений коефіцієнт користування транспортом та середньозважену дальність поїздки у місті з населенням 2,5 млн. жителів, якщо відомо розселення відносно загальноміського центру та коефіцієнт користування транспортом при пересуваннях з кожної кілометричної зони до центру міста (табл. 5).

Таблиця 5

Розселення населення по кіло метричних зонах

| Відстань від центру, км | Кількість тих, хто розселяється, % | Коефіцієнт користування транспортом |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 0 – 1 | 10,5 | 0,15 |
| 1,1 – 2,0 | 15,8 | 0,52 |
| 2,1 – 3,0 | 15,8 | 0,85 |
| 3,1 – 4,0 | 12,9 | 1,00 |
| 4,1 – 5,0 | 10,2 | 1,00 |
| 5,1 – 6,0 | 8,8 | 1,00 |
| 6,1 – 7,0 | 7,6 | 1,00 |
| 7,1 – 8,0 | 6,7 | 1,00 |
| 8,1 – 9,0 | 6,2 | 1,00 |
| 9,1 – 10,0 | 5,5 | 1,00 |
| Разом | 100,0 | — |

Розв'язок: Проводимо розрахунок кількості жителів та розподіл поїздок за дальністю в натуральних одиницях та у відсотках залежно від розселення відносно загальноміського центру.

Розрахунок проводимо у табл. 6.

Таблиця 6

Розподіл пересувань та поїздок до загальноміського центру по
дальності

| Відстань від центру, км | Кількість тих, хто розселяється, % | Кількість жителів, тис. осіб | Коефіцієнт користування транспортом | Розподіл поїздок по дальності, тис. од | Розподіл поїздок по дальності, % |
|-------------------------|------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--|----------------------------------|
| 0 – 1 | 10,5 | 262,5 | 1,00 | 39,38 | 1,96 |
| 1,1 – 2,0 | 15,8 | 395 | 1,00 | 205,40 | 10,2 |
| 2,1 – 3,0 | 15,8 | 395 | 1,00 | 319,95 | 15,9 |
| 3,1 – 4,0 | 12,9 | 322,5 | 1,00 | 322,5 | 16,03 |
| 4,1 – 5,0 | 10,2 | 255 | 1,00 | 255 | 12,67 |
| 5,1 – 6,0 | 8,8 | 220 | 1,00 | 220 | 10,93 |
| 6,1 – 7,0 | 7,6 | 190 | 1,00 | 190 | 9,44 |
| 7,1 – 8,0 | 6,7 | 167,5 | 1,00 | 167,5 | 8,32 |
| 8,1 – 9,0 | 6,2 | 155 | 1,00 | 155 | 7,7 |
| 9,1 – 10,0 | 5,5 | 137,5 | 1,00 | 137,5 | 6,85 |
| Разом | 100,0 | 2500 | — | 2012,23 | 100,0 |

Середньозважений коефіцієнт користування транспортом становить

$$\varphi_{cp} = \frac{K_{mp}P}{K_{nep}P} = \frac{K_{mp}}{K_{nep}};$$

$$\varphi_{cp} = \frac{2012,23}{2500,0} = 0,8.$$

Середня дальність поїздки становить

$$l_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n l_{cp} p_i}{100};$$

$$l_{cp} = \frac{0,5 \cdot 1,96 + 1,5 \cdot 10,2 + 2,5 \cdot 15,9 + 3,5 \cdot 16,03 + \dots \rightarrow}{100}$$

$$\dots \rightarrow \frac{4,5 \cdot 12,67 + 5,5 \cdot 10,93 + 6,5 \cdot 9,44 + 7,5 \cdot 8,32 + \dots \rightarrow}{100}$$

$$\dots \rightarrow \frac{8,5 \cdot 7,7 + 9,5 \cdot 6,85}{100} = \frac{485,55}{100} = 4,84 \text{ км.}$$

3. ПРОЕКТУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ

Показники, що характеризують маршрутні системи

Найважливішими показниками, що характеризують доцільність маршрутної системи, є ступінь розгалуженості, рівень безпересадочності сполучень та величина непрямої лінійності маршрутів.

Ступінь розгалуженості маршрутної системи оцінюється **маршрутним коефіцієнтом**, який кількісно виражає середньозважене число маршрутів в перетині транспортної мережі та практично коливається в межах від 1,5 до 4.0.

При проектуванні маршрутної системи необхідно виходити з того, що її розгалуженість принципово бажана для пасажирів, оскільки при збільшенні маршрутного коефіцієнта скорочується кількість пересадок. Проте збільшення кількості маршрутів обмежується кількістю рухомого складу транспорту, яка в свою чергу визначається об'ємом пасажироперевезень. При постійній кількості рухомого складу із збільшенням числа маршрутів зростає маршрутний інтервал. Тому очевидно, що збільшення кількості маршрутів починаючи з певного значення може не покращити, а погіршити транспортне обслуговування населення за рахунок тривалого очікування транспорту на зупинках.

Рівень безпересадочності сполучень є показником, тісно пов'язаним із ступенем розгалуженості маршрутної системи і оцінюється **коефіцієнтом пересадочності**. Встановлено, що коефіцієнт пересадочності сполучень знаходиться в прямій залежності від тривалості поїздки та його величина залежить від розмірів міста. Якщо коефіцієнт пересадочності знаходиться в межах від 1,15 до 1,50, можна вважати, що маршрутна система побудована доцільно для міст різної величини

Ступінь непрямої лінійності маршруту оцінюється **коефіцієнтом непрямої лінійності** між кінцевими його точками по повітряній лінії. Потрібно прагнути до того, щоб цей коефіцієнт був не більшим 1,25. Дана вимога, зазвичай, не розповсюджується на кільцеві маршрути, коефіцієнт непрямої лінійності яких перевищує 3,

оскільки кільцевий маршрут працює не по всьому кільцю, а на окремих ділянках.

Завдання: Визначити маршрутний коефіцієнт та коефіцієнт пересадочності, якщо транспортна мережа населеного пункту складається з 4-х ліній загальною довжиною 12 км. Маршрутна система складається з 8 маршрутів (рис. 6): 4 маршрути, кожен довжиною 3 км (маршрут № 1–АТКБ; № 2–ВЛМГ; № 3–ДІЛЕ; № 4–ЖКМЗ) та ще 4 маршрути, кожен довжиною 4 км (маршрут № 5–АТКМЗ; № 6–ВЛМКЖ; № 7–ДІЛМГ, № 8–ЕЛІКБ). Фокуси тяжіння, що потребують спільного транспортного зв'язку, розміщені на периферії і у центральній частині міста та відмічені буквами від А до М. Кореспонденції між окремими пунктами наведені в табл. 7.

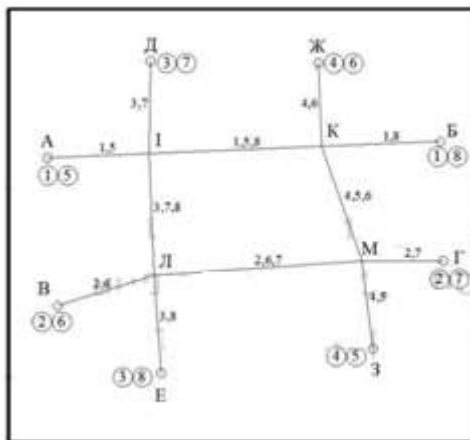


Рис. 6. Схема маршрутної системи

Розв'язок: Маршрутний коефіцієнт в даному випадку складає

$$\mu = \frac{\sum l_{\text{мар}}}{L_m} = \frac{28}{12} = 2,33.$$

Коефіцієнт пересадочності визначають по матриці поїздок (табл. 7), в якій виділяються поїздки без пересадок, з однією, двома та більше пересадками. В нижньому правому кутку кожної клітинки проставлено кількість пересадок, що відповідають даній кореспонденції (табл. 8).

Таким чином, коефіцієнт пересадочності при побудові маршрутної системи по варіанту вказаному на схемі (рис. 6) становить

$$C = \frac{\sum_{i=0}^n m_i(i+1)}{100} = \frac{145,4}{100} = 1,45.$$

Таблиця 7

Кореспонденції між транспортними районами міста (% від загального об'єму)

| Райони відправлення | Райони прибуття | | | | | | | | | | | | Разом відправлень |
|---------------------|-----------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|
| | А | Б | В | Г | Д | Е | Ж | З | І | К | Л | М | |
| А | — | 0,8 | 1,1 | 0,6 | 0,9 | 1,2 | 1,0 | 0,8 | 0,9 | 0,7 | 1,0 | 0,5 | 9,5 |
| Б | 0,8 | — | 0,5 | 0,7 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,5 | 0,9 | 0,4 | 0,5 | 0,9 | 7,0 |
| В | 1,1 | 0,5 | — | 0,9 | 1,1 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,7 | 1,1 | 1,0 | 9,0 |
| Г | 0,6 | 0,7 | 0,9 | — | 1,3 | 1,0 | 1,5 | 0,9 | 0,8 | 1,1 | 0,7 | 1,0 | 10,5 |
| Д | 0,9 | 0,4 | 1,1 | 1,3 | — | 0,5 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,5 | 8,0 |
| Е | 1,2 | 0,6 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | — | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 0,8 | 1,2 | 0,7 | 9,5 |
| Ж | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 1,5 | 0,4 | 0,9 | — | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,8 | 0,7 | 8,5 |
| З | 0,8 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,8 | 1,0 | 0,7 | — | 0,3 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 7,0 |
| І | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,6 | 1,1 | 0,6 | 0,3 | — | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 8,0 |
| К | 0,7 | 0,4 | 0,7 | 1,1 | 0,7 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | — | 0,4 | 0,5 | 7,0 |
| Л | 1,0 | 0,5 | 1,1 | 0,7 | 0,8 | 1,2 | 0,8 | 0,4 | 0,6 | 0,4 | — | 0,8 | 8,3 |
| М | 0,5 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,4 | 0,7 | 0,5 | 0,8 | — | 7,7 |
| Разом прибуття | 9,5 | 7,0 | 9,0 | 10,5 | 8,0 | 9,5 | 8,5 | 7,0 | 8,0 | 7,0 | 8,3 | 7,7 | 100,0 |

Таблиця 8

Визначення коефіцієнта пересадочності

| Райони відправлення | Райони прибуття | | | | | | | | | | | | Разом відправлень | Коефіцієнт пересадочнос |
|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------------|
| | А | Б | В | Г | Д | Е | Ж | З | І | К | Л | М | | |
| А | — | 0,8 ₀ | 1,1 ₁ | 0,6 ₁ | 0,9 ₁ | 1,2 ₁ | 1,0 ₁ | 0,8 ₀ | 0,9 ₀ | 0,7 ₀ | 1,0 ₁ | 0,5 ₀ | 9,5 | 15,3 |
| Б | 0,8 ₀ | — | 0,5 ₁ | 0,7 ₁ | 0,4 ₁ | 0,6 ₀ | 0,8 ₁ | 0,5 ₁ | 0,9 ₀ | 0,4 ₀ | 0,5 ₀ | 0,9 ₁ | 7,0 | 10,8 |
| В | 1,1 ₁ | 0,5 ₁ | — | 0,9 ₀ | 1,1 ₁ | 0,5 ₁ | 0,6 ₀ | 0,7 ₁ | 0,8 ₁ | 0,7 ₀ | 1,1 ₀ | 1,0 ₀ | 9,0 | 13,7 |
| Г | 0,6 ₁ | 0,7 ₁ | 0,9 ₁ | — | 1,3 ₀ | 1,0 ₁ | 1,5 ₁ | 0,9 ₁ | 0,8 ₀ | 1,1 ₁ | 0,7 ₀ | 1,0 ₀ | 10,5 | 16,3 |
| Д | 0,9 ₁ | 0,4 ₁ | 1,1 ₁ | 1,3 ₀ | — | 0,5 ₀ | 0,4 ₁ | 0,8 ₁ | 0,6 ₀ | 0,7 ₁ | 0,8 ₀ | 0,5 ₀ | 8,0 | 12,3 |
| Е | 1,2 ₁ | 0,6 ₀ | 0,5 ₁ | 1,0 ₁ | 0,5 ₀ | — | 0,9 ₁ | 1,0 ₁ | 1,1 ₀ | 0,8 ₀ | 1,2 ₀ | 0,7 ₁ | 9,5 | 14,8 |
| Ж | 1,0 ₁ | 0,8 ₁ | 0,6 ₀ | 1,5 ₁ | 0,4 ₁ | 0,9 ₁ | — | 0,7 ₀ | 0,6 ₁ | 0,5 ₀ | 0,8 ₀ | 0,7 ₀ | 8,5 | 13,7 |
| З | 0,8 ₀ | 0,5 ₁ | 0,7 ₁ | 0,9 ₁ | 0,8 ₁ | 1,0 ₁ | 0,7 ₀ | — | 0,3 ₀ | 0,5 ₀ | 0,4 ₁ | 0,4 ₀ | 7,0 | 11,3 |
| І | 0,9 ₀ | 0,9 ₀ | 0,8 ₁ | 0,8 ₀ | 0,6 ₀ | 1,1 ₀ | 0,6 ₁ | 0,3 ₀ | — | 0,7 ₀ | 0,6 ₀ | 0,7 ₀ | 8,0 | 9,4 |
| К | 0,7 ₀ | 0,4 ₀ | 0,7 ₀ | 1,1 ₁ | 0,7 ₁ | 0,8 ₀ | 0,5 ₀ | 0,5 ₀ | 0,7 ₀ | — | 0,4 ₀ | 0,5 ₀ | 7,0 | 8,8 |
| Л | 1,0 ₁ | 0,5 ₀ | 1,1 ₀ | 0,7 ₀ | 0,8 ₀ | 1,2 ₀ | 0,8 ₀ | 0,4 ₁ | 0,6 ₀ | 0,4 ₀ | — | 0,8 ₀ | 8,3 | 9,7 |
| М | 0,5 ₀ | 0,9 ₁ | 1,0 ₀ | 1,0 ₀ | 0,5 ₀ | 0,7 ₁ | 0,7 ₀ | 0,4 ₀ | 0,7 ₀ | 0,5 ₀ | 0,8 ₀ | — | 7,7 | 9,3 |
| Разом прибуття | 9,5 | 7,0 | 9,0 | 10,5 | 8,0 | 9,5 | 8,5 | 7,0 | 8,0 | 7,0 | 8,3 | 7,7 | 100,0 | 145,4 |

4. МЕТОДИКА АНАЛІЗУ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ

4.1. Аналіз транспортної мережі

Оскільки основною метою створення та розвитку транспортної системи в місті є скорочення витрат часу на пересування населення, то оцінка доцільності сформованої або запроєктованої транспортної системи повинна базуватися на виявленні часових показників. Саме середньовизначені витрати часу на пересування до того чи іншого важливого пункту тяжіння є мірилом рівня транспортного обслуговування населення.

При аналізі плану міста (п. 1.2) було встановлено, що "віддаленість населення" або середньозважена відстань, що відокремлює мешканців міста від загальноміського центра чи від іншого фокуса тяжіння, є показником, що характеризує компактність міського плану і визначає потребу в пасажирському транспорті.

Однак після того, як розроблена система транспортного обслуговування населення, "віддаленість" як показник втрачає своє значення і в якості узагальнюючого вимірника висувається "витрата часу на пересування". Оскільки при рішенні транспортних завдань більшою мірою приходиться зважати на вже сформовану віддаленість населення від основних пунктів тяжіння, то практично вплинути на скорочення затримок часу можна шляхом скорочення пішохідних підходів до транспортних ліній, зменшення маршрутних інтервалів та підвищенням швидкості сполучення. Оперуючи в певних допустимих межах вказаними параметрами, можна істотно знизити загальні витрати часу на пересування, а отже, підняти рівень обслуговування населення транспортом. Саме в силу цих обставин місто, що характеризується значною віддаленістю населення" завдяки розчленованості території може відрізнитися меншою витратою часу на пересування, ніж компактне місто. Це означає, що в ньому діє більш досконала транспортна система, яка дозволяє або повністю нейтралізувати, або значно послабити вплив несприятливого розселення (не компактність всього плану, відірваність окремих районів, роз'єднаність частин міста природними та штучними межами). Приведений нижче приклад ілюструє це положення

Завдання: Необхідно порівняти рівень транспортного обслуговування двох міст із однаковою сельбищною територією $F=100 \text{ км}^2$ і однаковою кількістю жителів. Однак, при цьому, план міста "К" компактний, а план міста "Т" розчленований. Відповідно різна і середньозважена віддаленість населення від центру міста $L_{\text{відК}} = 2,5 \text{ км}$; $L_{\text{відТ}} = 3,2 \text{ км}$. Незважаючи на це, більш досконала транспортна система в місті "Т" дозволяє досягти кращих показників обслуговування населення, чим у компактному місті "К".

Конкретно це досягається збільшенням щільності транспортної мережі від 1,5 до 2,5 км/км², збільшенням кількості рухомого складу від 300 до 880 одиниць і підвищенням швидкостей руху від $v_{\text{ЕК}} = 16 \text{ км/год}$ та $v_{\text{СК}} = 17 \text{ км/год}$ до $v_{\text{ЕТ}} = 18 \text{ км/год}$ та $v_{\text{СТ}} = 19 \text{ км/год}$. Останнє забезпечується правильним розташуванням зупинок, кращою організацією руху на маршрутах і міських магістралях, скороченням простой на кінцевих пунктах, тощо.

Розв'язок: Проведемо розрахунок середньої витрати часу на пересування населення до центру міста за формулою

$$T = 2t_{\text{піш}} + t_{\text{оч}} + t_{\text{тр}}$$

де T – повна витрата часу на пересування, хв;

$t_{\text{піш}}$ – витрата часу на пішохідний підхід, хв;

$t_{\text{оч}}$ – витрата часу на очікування, хв;

$t_{\text{тр}}$ – витрата часу на поїздку в транспорті, хв.

$$t_{\text{піш}} = \frac{60 \cdot l_{\text{піш}}}{v_{\text{піш}}} ; \quad l_{\text{піш}} = \left(\frac{1}{2\delta} + 0,1 \right),$$

де $l_{\text{піш}}$ – довжина пішохідного підходу, км;

$v_{\text{піш}}$ – швидкість пішохода, км/год;

δ – щільність транспортної мережі, км/км²;

$$t_{\text{оч}} = \frac{t_{\text{м}}}{2} = \frac{60 \cdot L_{\text{м}} \cdot \mu}{v_{\text{е}} \cdot \omega_{\text{інв}} \cdot \gamma} = \frac{60 \sum l_{\text{м}}}{v_{\text{е}} \cdot \omega_{\text{інв}}},$$

де $t_{\text{м}}$ – маршрутний інтервал, хви

$L_{\text{м}}$ – довжина транспортної мережі, км;

μ – маршрутний коефіцієнт;

$v_{\text{е}}$ – експлуатаційна швидкість, км/год;

$\omega_{\text{інв}}$ – інвентарна кількість рухомого складу;

γ – коефіцієнт використання рухомого складу;

$\sum l_{\text{м}}$ – довжина маршрутної мережі, км.

$$t_{\text{тр}} = \frac{60L_{\text{від}}}{v_c},$$

де $L_{\text{від}}$ – середньозважена віддаленість населення від центра, км;
 v_c – швидкість сполучення транспорту, км/год.

Розрахунок наведено у таб. 9. Для порівняння по місту «Т» проведений другий розрахунок в умовах транспортної системи з показниками характерними для міста «К» (гр. «Т_к»).

Таблиця 9

Середні витрати часу на пересування в центрі міста

| Показники | Місто «К» | Місто «Т» | |
|---|-----------|---------------|-------------------|
| | | діюча система | «Т _к » |
| Вихідні дані: | | | |
| $F, \text{км}^2$ | 100 | 100 | 100 |
| $L_{\text{від}}, \text{км}$ | 2,5 | 3,2 | 3,2 |
| $\delta, \text{км/км}^2$ | 1,5 | 2,5 | 1,5 |
| μ | 2 | 2 | 2 |
| $\omega_{\text{інв}}$ | 300 | 880 | 300 |
| $v_c, \text{км/год}$ | 16 | 18 | 16 |
| $v_c, \text{км/год}$ | 17 | 19 | 17 |
| $v_c, \text{км/год}$ | 4 | 4 | 4 |
| Розрахункові дані: | | | |
| $L_c, \text{км}$ | 150 | 250 | 150 |
| $\sum l_m, \text{км}$ | 300 | 500 | 300 |
| $\frac{W_{\text{інв}}}{L_m}, \text{од}$ | 2 | 3,5 | 2 |
| $t_m, \text{хв}$ | 8,3 | 4,2 | 8,3 |
| $l_p, \text{км}$ | 0,43 | 0,30 | 0,43 |
| Результати розрахунку, | | | |
| хв: | 12,9 | 9,0 | 12,9 |
| $t_{\text{піш}}$ | 4,2 | 2,1 | 4,2 |
| $t_{\text{оч}}$ | 8,8 | 10,7 | 11,3 |
| $t_{\text{тр}}$ | 25,9 | 21,8 | 28,4 |
| T | | | |

Останній рядок таблиці показує що якщо б в місті "Т" діяла транспортна система з тими ж показниками, що і у місті "К", витрата часу на пересування була б на 23% вищою (28.4 проти 21 хв).

Застосуванням же більш вдосконаленої транспортної системи вдається досягнути навіть кращих показників, ніж у місті «К», яке характеризується компактним розселенням.

Приведений приклад свідчить про те, що з допомогою транспорту можна в певній мірі компенсувати недоліки міського плану. Особливо великого ефекту можна досягти радикальним підвищенням швидкості руху шляхом використання швидкісного транспорту (метрополітену, швидкісного трамваю, залізничного транспорту, тощо). Обґрунтовано підійти до розробки заходів щодо покращення транспортної системи міста можна тільки на основі проведеного аналізу та оцінки сформованої системи. Виконаний вище аналіз транспортних систем міст "Т" й "К" є спрощеним, так як ми оперували середніми показниками, які не враховують планувальну структуру міста, вигляд транспортної мережі, характер розселення населення в різних районах.

4.2 Побудова ізохронограм

Більш детальний і точний аналіз транспортної системи може бути проведений по методу, робочою основою якого є побудова ізохрон, тобто ліній, що є геометричним місцем точок, рівновіддалених за часом від розглянутого пункту тяжіння. Сукупність ізохрон, поширених по всьому плану міста, називається *ізохронограмою*. При аналізі загальноміської системи транспортних ліній слід будувати ізохронограми по відношенню до ряду важливих фокусів тяжіння (центр міста, великі промислові райони).

Приклад побудови ізохронограми пішохідної доступності наведений на рис.7.

Завдання: Побудувати ізохронограму 5-ти хвилинної доступності по вулично-дорожній мережі від т. О (центру побудови). Швидкість пішохода становить 3.2 км/год, маршрутний інтервал - 6 хв, швидкість сполучення пасажирського транспорту рівна 22 км/год. Масштаб 1:5000. План ВДМ наведено на рис. 8.

Розв'язок: Рівняння ізохрони має вигляд

$$y = v_{\text{піш}}(T_i - t_{\text{оч}}) - \frac{v_{\text{піш}}}{v_c} x.$$

Так із умови задачі отримаємо

$$T_i = 5 \text{ хв} = 300 \text{ сек}; \quad v_{\text{піш}} = 3,2 \text{ км/год} = 0,89 \text{ м/с};$$

$$v_c = 22 \text{ км/год} = 6,11 \text{ м/с}; \quad t_{0ч} = \frac{t}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ хв.}$$



Рис 7. Ізохронограми для пішоходів, побудовані за допомогою Pedcatch

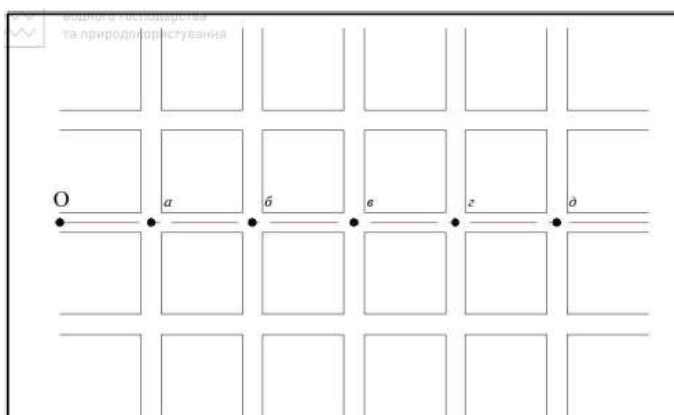


Рис. 8. План вулично-дорожньої мережі для побудови ізохронограм

1) Визначаємо пішохідну доступність до т. О

$$l_{\text{пішо}} = v_{\text{піш}} T_i = 0,89 \cdot 300 = 267 \text{ м.}$$

Від центру побудови O (рис. 9) відкладають у всіх трьох напрямках відрізки, що відповідають довжині шляху, який може пройти пішохід за 5 хв. Отримані точки з'єднуємо лініями під кутом 45° .

2) Визначаємо час необхідний для пересування від зупинки a до $t. O$ на транспорті

$$t_{\text{сп}a} = \frac{l_{\text{т}(Oa)}}{v_c} = \frac{0,110}{22} = 0,005 \text{ год} = 0,3 \text{ хв} = 18 \text{ сек.}$$

Визначаємо час, який залишається на пішохідний підхід до зупинки a

$$t_{\text{піш}a} = T_i - t_{\text{сп}a} - t_{\text{оч}} = 5 - 0,3 - 3 = 1,7 \text{ хв} = 102 \text{ сек.}$$

Отриману довжину шляху відкладають від точки a у всіх чотирьох напрямках. Отримані точки з'єднуємо лініями під кутом 45° . Отримали ізохрону на відрізку Oa .

3) Визначаємо час необхідний для пересування від зупинки b до $t. O$ на транспорті

$$t_{\text{сп}b} = \frac{l_{\text{т}(Ob)}}{v_c} = \frac{0,235}{22} = 0,0107 \text{ год} = 0,64 \text{ хв} = 38,5 \text{ сек.}$$

Визначаємо час, який залишається на пішохідний підхід до зупинки b

$$t_{\text{піш}b} = T_i - t_{\text{сп}b} - t_{\text{оч}} = 5 - 0,64 - 3 = 1,36 \text{ хв} = 81,6 \text{ сек.}$$

Визначаємо відстань, яку пройде пішохід за $t_{\text{піш}b} = 81,6 \text{ сек.}$

$$l_{\text{піш}b} = v_{\text{піш}} \cdot t_{\text{піш}b} = 0,89 \cdot 81,6 = 72,62 \text{ м.}$$

Отриману довжину шляху відкладають від точки b у всіх чотирьох напрямках. Отримані точки з'єднуємо лініями під кутом 45° . Отримали ізохрону на відрізку Ob .

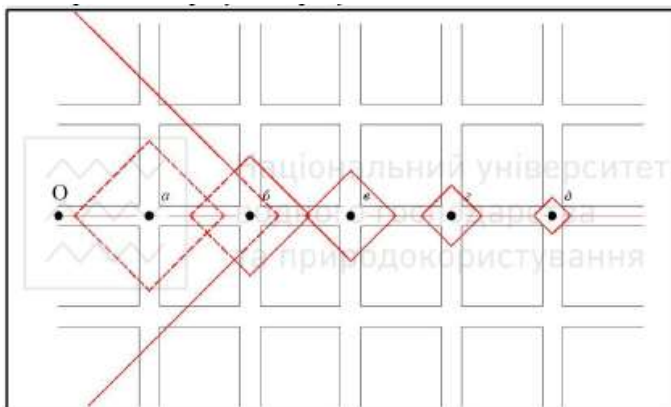


Рис. 9. Побудова ізохронограми

4) Визначаємо час необхідний для пересування від зупинки *в* до т. *О* на транспорті

$$t_{сп_в} = \frac{l_{т(ОВ)}}{v_c} = \frac{0,355}{22} = 0,01614 \text{ год} = 0,97 \text{ хв} = 58,1 \text{ сек.}$$

Визначаємо час, який залишається на пішохідний підхід до пупинки *в*

$$t_{піш_в} = T_i - t_{сп_в} - t_{оч} = 5 - 0,97 - 3 = 1,03 \text{ хв} = 61,8 \text{ сек.}$$

Визначаємо відстань, яку пройде пішохід за $t_{піш_в} = 61,8$ сек.

$$l_{піш_в} = v_{піш} \cdot t_{піш_в} = 0,89 \cdot 61,8 = 55,0 \text{ м.}$$

Отриману довжину шляху відкладають від точки *в* у всіх чотирьох напрямках. Отримані точки з'єднуємо лініями під кутом 45° . Отримали ізохрону на відріжку *Ов*.

5) Визначаємо час необхідний для пересування від зупинки *г* до т. *О* на транспорті

$$t_{сп_г} = \frac{l_{т(Ог)}}{v_c} = \frac{0,480}{22} = 0,0218 \text{ год} = 1,31 \text{ хв} = 78,55 \text{ сек.}$$

Визначаємо час, який залишається на пішохідний підхід до пупинки *г*

$$t_{піш_г} = T_i - t_{сп_г} - t_{оч} = 5 - 1,31 - 3 = 0,69 \text{ хв} = 41,4 \text{ сек.}$$

Визначаємо відстань, яку пройде пішохід за $t_{піш_г} = 41,4$ сек.

$$l_{піш_г} = v_{піш} \cdot t_{піш_г} = 0,89 \cdot 41,4 = 36,85 \text{ м.}$$

Отриману довжину шляху відкладають від точки z у всіх чотирьох напрямках. Отримані точки з'єднуємо лініями під кутом 45° . Отримали ізохрону на відрізку Oz .

б) Визначаємо час необхідний для пересування від зупинки δ до т. O на транспорті

$$t_{спд} = \frac{l_{т(0\delta)}}{v_c} = \frac{0,605}{22} = 0,0275 \text{ год} = 1,65 \text{ хв} = 99 \text{ сек.}$$

Визначаємо час, який залишається на пішохідний підхід до зупинки δ

$$t_{пішд} = T_i - t_{спд} - t_{оч} = 5 - 1,65 - 3 = 0,35 \text{ хв} = 21 \text{ сек.}$$

Визначаємо відстань, яку пройде пішохід за $t_{пішд} = 21$ сек.

$$l_{пішд} = v_{піш} \cdot t_{пішд} = 0,89 \cdot 21 = 18,69 \text{ м.}$$

Отриману довжину шляху відкладають від точки δ у всіх чотирьох напрямках. Отримані точки з'єднуємо лініями під кутом 45° . Отримали ізохрону на відрізку $O\delta$.

7) Утворений цими лініями контур окреслює зону 5-ти хвилинної доступності пункту O .

4.3 Складність сполучення та транспортна доступність

Для повної оцінки транспортної системи необхідно сполучити ізохронограму із точковою планограмою розселення мешканців міста, що тяжіють до центру забудови.

Знаючи заселеність зон, які охоплюють ізохрони, можна отримати не середньоарифметичну, а середньозважену по заселенню витрату часу на досягнення того або іншого пункту.

Завдання: Визначити "складність сполучення" та транспортну доступність до центру міста вказаного на схемі (рис. 10), якщо відома заселеність зон охоплених ізохронами (1 крапка – 500 жителів). Вказати транспортну систему за складністю сполучення.

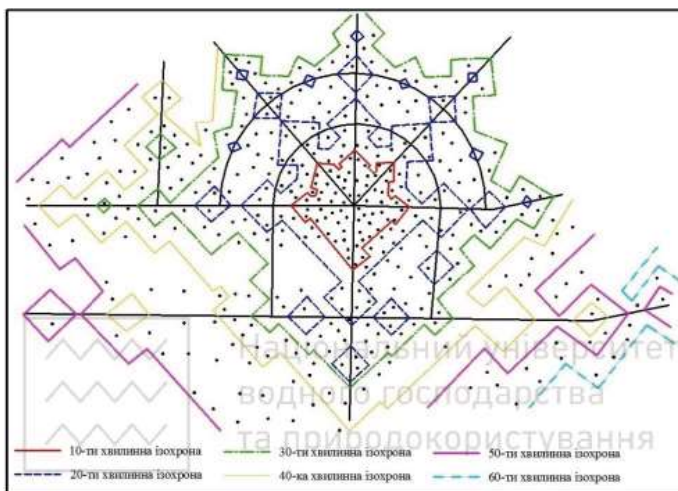


Рис. 10. Ізохронограма, сполучена з точковою плановою розселення

Розв'язок: Шукана середньозважена витрата часу, що називається «складністю сполучення» дорівнює

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n H_{[i-(i-1)]} \cdot (T_i + T_{i-1})}{2H}$$

де $H_{[i-(i-1)]}$ – населення зони між ізохронами I й $i-1$;

T_i, T_{i-1} – індекси ізохрони;

H – населення міста;

n – кількість ізохрон.

Розрахунок зводимо у табл. 10.

$$T_{\text{ср}} = \frac{31 \cdot 5 + 38,5 \cdot 15 + 63 \cdot 25 + 24 \cdot 35 + 27 \cdot 45 + 8,5 \cdot 55}{192} = \frac{4830}{192} = 25,2 \text{ хв.}$$

«Часова віддаленість»

| Часові межі зони, хв | Чисельність населення міста, тис. чол. | Середня «часова віддаленість» кожної зони, хв |
|----------------------------|--|---|
| 0 – 10 | 31,0 | 5 |
| 10 – 20 | 38,5 | 15 |
| 20 – 30 | 63,0 | 25 |
| 30 – 40 | 24,0 | 35 |
| 40 – 50 | 27,0 | 45 |
| 50 – 60 | 8,5 | 55 |
| Всього | 192,0 | — |

Транспортна доступність є величиною зворотною «складності сполучення»

$$D_o = \frac{100}{T_{\text{ср}}} = \frac{100}{25,2} = 3,97.$$

За складністю сполучення (табл. Б додатку) транспортна система є **помірною**

4.4 Варіантне проектування транспортної системи та попередній вибір видів транспорту

Завдання проектування міської транспортної системи полягає в тому, щоб вибране сполучення різних видів транспорту було найбільш доцільним з точки зору забезпечення необхідного рівня транспортного обслуговування населення та відповідних економічних показників.

Спочатку розглядають питання попереднього вибору видів транспорту, оскільки остаточно це важливе завдання може бути вирішене лише після визначення об'єму роботи пасажирського транспорту і розрахунку пасажиропотоків.

При проведенні варіантного проектування транспортної системи і попереднього вибору видів транспорту необхідно враховувати особливе положення - автобусного транспорту. Абсолютна маневреність автобусного транспорту забезпечує у разі необхідності швидке і "безболісне" перенесення автобусних ліній на паралельні

напрямки, зосередження значної кількості транспортних засобів для тимчасового обслуговування пасажиропотоку, що виник, організацію екстреного перевезення пасажирів у новому напрямку, тобто автобус має можливість найбільш гнучко реагувати на раптові зміни транспортної ситуації.

Ця якість робить автобусний транспорт незамінним у будь-якому місті і перетворює його в обов'язкову складову будь-якої транспортної системи. Таким чином, перше питання, яке необхідно вирішити при виборі виду транспорту - це визначити, чи достатньо в місті мати тільки автобус, чи його необхідно сполучати з іншим видом масового транспорту.

Друге питання, яке необхідно вирішувати вже на стадії попереднього вибору транспорту - це визначення необхідності у швидкісних його видах. Визначальним тут є найбільша протяжність кореспонденцій у місті, величина яких може вимагати швидкісного транспорту, якщо з допомогою звичайних видів транспорту витрати часу на пересування можуть виявитись вище допустимих.

Наближено вирішити це питання можна, визначаючи необхідну швидкість сполучення для найбільш довгих (протяжних) кореспонденцій.

Завдання: Визначити швидкість сполучення громадського транспорту та максимальну віддаленість робітників від місця прикладання праці, якщо відомо, що маршрутний інтервал дорівнює $t_m = 8$ хв, довжина пішохідного підходу $l_{\text{піш}} = 330$ м, швидкість пішохода $v_{\text{піш}} = 3,3$ км/год, максимальна довжина поїздки $L_{\text{тр}} = 7,7$ км. Максимальна витрата часу становить $T_{\text{max}} = 30$ хв, «коефіцієнт еквівалентності зусиль» рівний 1,5. Вкажіть види транспорту, які відповідають розрахованій швидкості сполучення.

Розв'язок: Необхідна швидкість сполучення визначається за виразом

$$v_c = \frac{60 \cdot L_{\text{тр}}}{T_{\text{max}} - (2 \cdot t_{\text{піш}} + t_{\text{оч}})}$$

де:

$$t_{\text{піш}} = \frac{60 \cdot l_{\text{піш}}}{v_{\text{піш}}} = \frac{60 \cdot 0,33}{3,3} = 6 \text{ хв};$$

$$t_{\text{оч}} = \frac{t_{\text{м}}}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ хв} ;$$

$$v_{\text{с}} = \frac{60 \cdot 7,7}{30 - (2 \cdot 6 + 4)} = 33 \text{ км/год.}$$

Розрахованій швидкості сполучення в **33 км/год** відповідають **автобус-експрес та швидкість трамвай.**

Максимальна віддаленість визначається за виразом

$$L_{\text{max}} = \frac{v_{\text{с}} \left\{ T_{\text{max}} - \left[\frac{60 \cdot \varepsilon}{v_{\text{піш}}} (l'_{\text{піш}} + l''_{\text{піш}}) + \frac{t_{\text{м}}}{2} \right] \right\}}{60},$$

$$L_{\text{max}} = \frac{33 \left\{ 30 - \left[\frac{60 \cdot 1,5}{3,3} (0,33 + 0,33) + \frac{8}{2} \right] \right\}}{60} = 4,4 \text{ км} .$$

В табл. 11 наведені значення швидкостей сполучення різними видами міського масового пасажирського транспорту.

Таблиця 11

Залежність граничної віддаленості від швидкості сполучення транспорту

| Засоби пересування | Швидкість сполучення км/год | Максимальна віддаленість при T_{max} , км | |
|---------------------------|-----------------------------|--|-------|
| | | 40 хв | 30 хв |
| Пішохід* | 3,6-5,0 | 2,5 | 1,9 |
| Трамвай | 18-20 | 6,6 | 3,5 |
| Тролейбус | 18-20 | 6,6 | 3,5 |
| Автобус | 20-25 | 7,8 | 4,1 |
| Автобус-експрес | 25-35 | 10,5 | 5,5 |
| Швидкісний трамвай | 25-35 | 10,5 | 5,5 |
| Метрополітен | 35-50 | 14,8 | 7,7 |
| Електрифікована залізниця | 40-70 | 19,1 | 10,0 |

* Приводиться для порівняння.

5. РОЗРАХУНОК ТА ПОБУДОВА ПАСАЖИРОПОТОКІВ

8.1. Розрахунок та побудова картограми пасажиропотоків

У результаті розкладки кореспонденції по ділянках транспортної мережі виникає можливість побудови картограми міжрайонних пасажиропотоків. Сумарний пасажиропотік на міжвузловій ділянці транспортної мережі (на перегоні) утворюється складанням всіх часткових потоків, що приходяться на дану ділянку.

Отримані в результаті розрахунку сумарні пасажиропотоки на міжвузлових ділянках мережі можуть бути графічно зображені в певному масштабі на картограмі. Масштаб картограми пасажиропотоків необхідно обрати таким чином, щоб мінімальні по величині пасажиронавантаження були достатньо чітко показані, а найбільші не закривали креслення. Картограми будують для пасажиропотоків річних, добових та максимальних годинних.

Річні пасажиропотоки будують для зустрічних напрямків сумарно, при чому від транспортної лінії, як від осі відкладають в кожний бік половину сумарної пасажиронавантаженості.

Картограма річних пасажиропотоків дає достатні підстави для вибору відповідного виду транспорту, техніко – економічного обґрунтування необхідності його використання, але вона не містить даних про необхідну провізну здатність транспорту на тих чи інших лініях, про необхідну кількість транспортних одиниць, їх вмістимості, частоту руху. На ці питання може дати відповідь картограма добових пасажиропотоків, вихідним матеріалом для якої є матриця міжрайонної кореспонденції.

В цьому випадку зустрічні потоки не сумуються, так як важливо виявити максимально завантажені напрямки. Побудова проводиться таким же чином, як і для річної картограми, лише з тією різницею, що при побудові картограми добових пасажиропотоків величина потоку в кожному напрямі відкладається по обидві сторони від транспортної лінії за принципом правостороннього руху. Така картограма дає виразне уявлення про добове завантаження транспортної мережі. Знаючи закономірності розподілу добового потоку по годинах (див. п. 6.2.3), можна перейти до максимальних годинних пасажиронавантажень, що має вирішальне значення при визначенні

необхідної провізної здатності транспорту на будь-якій ділянці мережі.

Завдання: Побудувати картограму річних пасажиропотоків на основі матриці кореспонденцій між районами міста (табл. 12) позначених буквами А, Б, В, Г, Д, Е (див. рис. 11). Шляхи проходження між районами міста вказані в табл. 13. Масштаб пасажиропотоку вказаний на схемі.

Таблиця 12

Матриця міжрайонних кореспонденцій, тис. пересувань

| Райони прибуття | Райони відправлення | | | | | |
|--------------------|---------------------|----|----|----|----|----|
| | А | Б | В | Г | Д | Е |
| А | — | 44 | 27 | 32 | 11 | 8 |
| Б | 24 | — | 38 | 8 | 24 | 19 |
| В | 15 | 30 | — | 14 | 12 | 9 |
| Г | 6 | 15 | 26 | — | 17 | 33 |
| Д | 11 | 9 | 22 | 23 | — | 21 |
| Е | 7 | 36 | 7 | 11 | 27 | — |

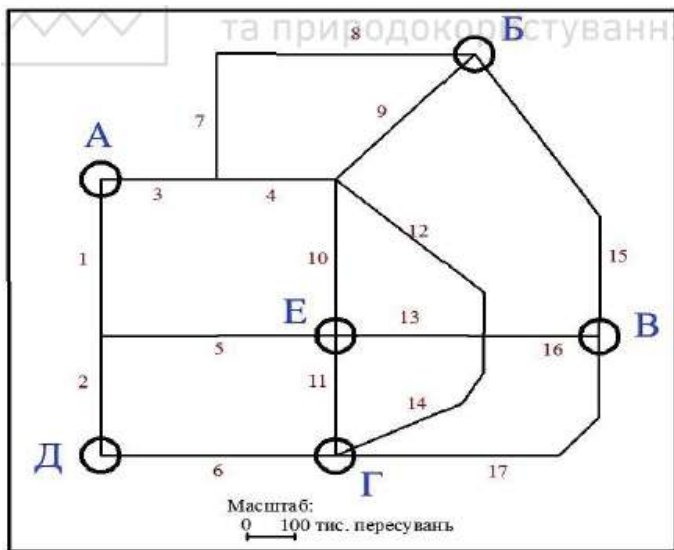


Рис. 11. Схема для побудови картограми річних пасажиропотоків

Таблиця 13

Ділянки мережі між районами міста

| Райони прибуття | Райони відправлення | | | | | |
|--------------------|---------------------|--------------|--------------|-----------|--------------|----------|
| | А | Б | В | Г | Д | Е |
| А | — | 3, 7, 8 | 3, 4, 12, 16 | 1, 2, 6 | 1, 2 | 3, 4, 10 |
| Б | 9, 4, 3 | — | 15 | 9, 10, 11 | 9, 10, 11, 6 | 9, 10 |
| В | 16, 13, 5, 1 | 15 | — | 17 | 17, 6 | 16, 13 |
| Г | 6, 2, 1 | 11, 10, 9 | 17 | — | 6 | 11 |
| Д | 2, 1 | 6, 11, 10, 9 | 6, 17 | 6 | — | 2, 5 |
| Е | 10, 4, 3, | 10, 9 | 13, 16 | 11 | 5, 2 | — |

Розв'язок: Картограма пасажиропотоків є графічним зображенням завантаження пасажирами ділянок транспортної мережі за певний період часу і служить вихідним матеріалом для побудови маршрутної системи.

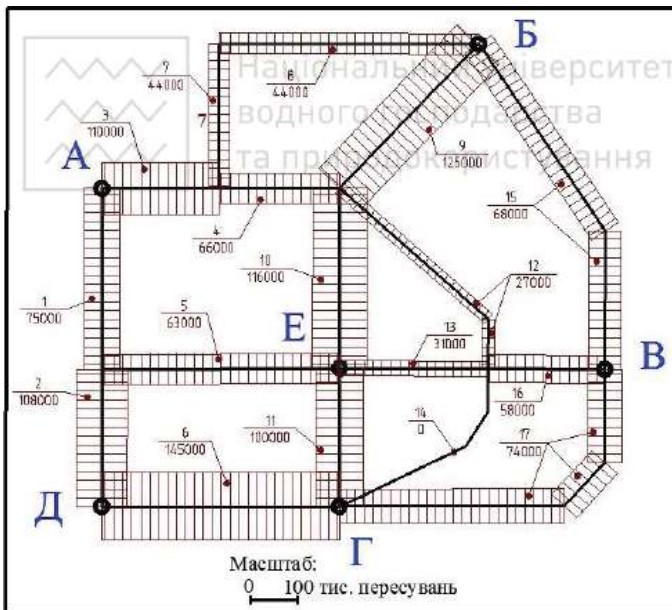


Рис. 12. Картограма пасажиропотоків

Для побудови картограми пасажиропотоків необхідно знати розміри потоків по ділянках транспортної мережі. Дані про розміри перевезень (табл. 12) між пунктами тяжіння розносимо по ділянках. мережі, користуючись табл. 13. Для цього складаємо табл. 14.

Підсумовуючи по черзі дані табл. 12 отримуємо розміри пасажиропотоків по кожній ділянці транспортної мережі. По цих пасажиропотоках будуємо картограму. Лінії транспортної мережі є осьовим лініями, від яких в обидві сторони відкладаємо в масштабі половинні величини сумарних потоків на ділянках. Сполучаючи крапки лініями, паралельними осьовій, отримуємо графічно виражений пасажиропотік на даній ділянці (рис. 11).

Таблиця 14

Розміри потоків в рік, тис. пасажирів

| Позначення ділянок мережі | Транспортні потоки на ділянках мережі | Всього |
|---------------------------|---------------------------------------|--------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | 32+11+15+6+11 | 75 |
| 2 | 32+11+6+11+21+27 | 108 |
| 3 | 44+27+8+24+7 | 110 |
| 4 | 27+8+24+7 | 66 |
| 5 | 15+21+27 | 63 |
| 6 | 32+24+12+6+17+9+22+23 | 145 |
| 7 | 44 | 44 |
| 8 | 44 | 44 |
| 9 | 24+8+24+19+15+9+26 | 125 |
| 10 | 8+8+24+19+15+9+7+26 | 116 |
| 11 | 8+24+15+33+9+11 | 100 |
| 12 | 27 | 27 |
| 13 | 15+9+7 | 31 |
| 14 | | 0 |
| 15 | 38+30 | 68 |
| 16 | 27+15+9+7 | 58 |
| 17 | 14+12+26+22 | 74 |

5.2. Коректування транспортної та маршрутної систем

При проектуванні в місті декількох видів транспорту з різною провізною здатністю (наприклад, трамвай та автобус) трамвай трасується по лініях з найбільшими пасажиропотоками, а автобус - по менш завантажених магістралях. В деяких випадках потрібна на особливо відповідальних лініях сумісна участь обох видів транспорту.

Розподіл ліній по видах транспорту відповідно до потужності пасажиропотоку та провізної здатності транспорту слід вести надто обачливо. Зокрема, не слід штучно обривати лінії трамваю, якщо пасажиропотік зменшується навіть настільки, що він може бути освоєний автобусом; її кінцевий пункт повинен бути там, де природно закінчується магістраль. Тому окремі транспортні лінії можуть відрізнятися значною нерівномірністю пасажиронавантажень на всій протяжності, що у свою чергу викличе при експлуатації незначне наповнення рухомого складу на «хвостових» ділянках маршруту.

Компенсувати нерівномірність пасажиронавантажень по довжині маршруту можна введенням так званих підмаршрутів, які представляють собою укорочені маршрути між спеціально організованими проміжними кінцевими пунктами. Це дозволить зосередити найбільшу кількість рухомого складу на найбільш завантаженій ділянці маршруту; з другого боку, на "хвостових" ділянках буде працювати лише частина потягів з великими маршрутними інтервалами, що відповідають незначній потужності пасажиропотоку. Приклад, що наводиться нижче, ілюструє методику організації підмаршруту.

Завдання: Провести згладжування нерівномірності наповнення рухомого складу на трамвайній лінії АБ, якщо пасажиропотік в тис. пас/добу становить: в перетині а-а – 15, б-б – 35, в-в – 75, г-г – 90, д-д – 80, е-е – 40, ж-ж – 18, середня дальність поїздки 2,7 км, експлуатаційна швидкість трамваю рівна 18 км/год, кількість годин роботи транспорту в добу = 16, вмістимість = 120 чол., коефіцієнт середньодобового наповнення – 0,3. Схема наведена на рис. 13.

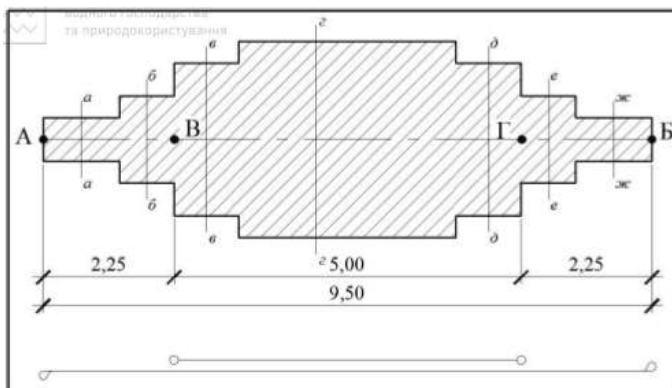


Рис. 13. Схема для організації підмаршруту

Розв'язок: Для згладжування нерівномірності наповнення рухомого складу маршрут AB проектується з підмаршрутом $BГ$ на ділянці з максимальним навантаженням. Вихідним пасажиропотоком для всього маршруту AB приймаємо пасажиропотік в перетині $e-e$ – 40 тис. пас./добу.

Визначаємо необхідну кількість транспортних одиниць в русі

$$\omega_{\text{рух}} = \frac{AL_{\text{ср}}}{v_e h \Omega a'}$$

$$\omega_{\text{рух}} = \frac{40000 \cdot 2,7}{18 \cdot 16 \cdot 120 \cdot 0,3} = 11.$$

Перевіряємо інтервал руху на ділянках AB та $ГБ$

$$t'_m = \frac{2 \cdot 60 l_m}{\omega_{\text{рух}} v_e} = \frac{2 \cdot 60 \cdot 9,5}{11 \cdot 18} = 5,7 \text{ хв.}$$

Оскільки такий інтервал цілком прийнятний, можна вважати, що 11 трамвайних потягів, на всьому маршруті AB , забезпечать якісне обслуговування 40 тис. пас./добу (рис. 13).

Далі визначаємо кількість рухомого складу, який необхідний для перевезення додаткових 50 тис. пас./добу, що залишилися поки не обслуженими на ділянці $BГ$ (на центральному його відрізку з пасажиропотоком 90 тис. пас./добу)

$$\omega_{\text{рух}} = \frac{50000 \cdot 2,7}{18 \cdot 16 \cdot 120 \cdot 0,3} \cdot \frac{2l''_{\text{м}}}{v_e} = 8.$$

Тут дробом $\frac{2l''_{\text{м}}}{v_e}$ враховується можливість повторної роботи потягів на порівняно короткому маршруті 5 км (рис. 14).

Визначаємо інтервал на підмаршруті ВГ з врахуванням сумісного проходження потягів

$$t''_{\text{м}} = \frac{2 \cdot 60 l_{\text{м}}}{\omega_{\text{рух}} v_e} = \frac{2 \cdot 60 \cdot 5}{8 \cdot 18} = 4,2 \text{ хв.}$$

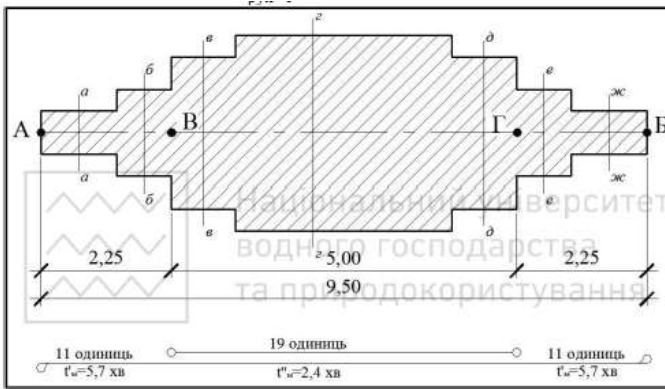


Рис. 14. Введення підмаршруту

$$t_{\text{мер}} = \frac{1}{\frac{1}{t'_{\text{м}}} + \frac{1}{t''_{\text{м}}}} = \frac{1}{\frac{1}{5,7} + \frac{1}{4,2}} = \frac{1}{0,18 + 0,24} = 2,4 \text{ хв.}$$

Перевіряємо середньодобовий коефіцієнт наповнення рухомого складу на підмаршруті ВГ і на «хвостових» ділянках

$$a'_{\text{ВГ}} = \frac{AL_{\text{ср}}}{v_e h \Omega \omega_{\text{рух}}} = \frac{90000 \cdot 2,7}{18 \cdot 16 \cdot 120 \cdot 19} = 0,37,$$

$$a'_{\text{ВГ}} = \frac{AL_{\text{ср}}}{v_e h \Omega \omega_{\text{рух}}} = \frac{40000 \cdot 2,7}{18 \cdot 16 \cdot 120 \cdot 11} = 0,28.$$

Таким чином, на лінії з великою нерівномірністю навантаження вдалося добитися майже рівномірного наповнення рухомого складу.

6. РОЗПОДІЛ РУХОМОГО СКЛАДУ ПО МАРШРУТАХ

Туrom називають відрізок часу між двома послідовними виходами одного і того ж потягу з одного і того ж кінцевого пункту; маршрутний інтервал - це відрізок часу між транспортними одиницями (засобами) одного маршруту, що рухаються. При визначенні кількості рухомого складу на маршруті $\omega_{\text{рух}}$, необхідно керуватися умовами руху в годину "пік".

Завдання: Визначити тривалість туру та кількість рухомого складу на маршруті довжиною 11 км. що обслуговується автобусами вмістимістю 90 чоловік. Експлуатаційна швидкість пасажирського транспорту рівна 20 км/год. Добовий пасажиропотік рівний 18 тис. пасажирів. Коефіцієнт годинного максимуму дорівнює 0,075.

Розв'язок: Кількість рухомого складу на маршруті повинна відповідати пасажиропотоку, отже

$$\omega_{\text{рух}} = \frac{2l_{\text{м}}\Pi_{\text{дб}}}{v_{\text{е}}\Omega} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 18000 \cdot 0,075}{20 \cdot 90} = 22,5 \approx 23 \text{ авто}.$$

Маршрутний інтервал визначається за виразом

$$t_{\text{м}} = \frac{2 \cdot 60l_{\text{м}}}{\omega_{\text{рух}}v_{\text{е}}} = \frac{2 \cdot 60 \cdot 15}{23 \cdot 20} = 3,91 \approx 4 \text{ хв},$$

або

$$t_{\text{м}} = \frac{60\Omega}{\Pi_{\text{дб}}} = \frac{60 \cdot 90}{18000 \cdot 0,075} = 4 \text{ хв}.$$

Перевіряємо кількість рухомого складу за маршрутним інтервалом

$$\omega_{\text{рух}} = \frac{120l_{\text{м}}}{v_{\text{е}}t_{\text{м}}} = \frac{120 \cdot 15}{20 \cdot 4} = 22,5 \approx 23 \text{ авто}.$$

Остаточню приймаємо 23 автобуси.

Тривалість туру визначаємо із виразу

$$\omega_{\text{рух}} = \frac{T}{t_{\text{м}}} \Rightarrow T = \omega_{\text{рух}} \cdot t_{\text{м}} = 23 \cdot 4 = 92 \text{ хв}.$$

7. РЕГУЛЯРНІСТЬ ТА ІНТЕРВАЛИ РУХУ МІСЬКОГО ПАСАЖИТСЬКОГО ТРАНСПОРТУ (МПТ)

7.1. Маршрутний інтервал та частота руху

Важливою характеристикою рівня транспортного обслуговування населення є зручна для пасажирів величина інтервалів руху та регулярність їх дотримання. Величиною, зворотною інтервалу, є частота руху, що виражається кількістю транспортних одиниць, які проходять через який-небудь перетин лінії протягом години, і з свого боку визначаючи фактичну провізну здатність транспорту на даній лінії.

Розподіляючи по маршрутах рухомий склад, ми тим самим при певній експлуатаційній швидкості задаємо інтервал і частоту руху на маршруті. Величина маршрутного інтервалу не повинна бути дуже великою, щоб витрата часу на очікування транспорту не була дуже обтяжливою. Дослідження показали, що одна хвилина, проведена на зупинці в очікуванні транспорту, для пасажирів еквівалентна 2,5 хв, проведеним в транспорті, що рухається.

В деяких випадках при необхідності зменшити маршрутний інтервал, не збільшуючи при цьому кількість пасажиромісць, доцільно застосовувати рухомий склад меншої місткості.

Завдання: Визначити маршрутний інтервал, частоту руху та кількість рухомого складу на маршруті довжиною 126 км, що обслуговується автобусами вмістимістю 65 чоловік. Експлуатаційна швидкість пасажирського транспорту рівна 20 км/год. Добовий пасажиропотік рівний 15 тис. пас. Пасажиропотік в годину-максимум - 1150 пас.

Розв'язок: Для початку визначимо кількість рухомого складу на маршруті

$$\omega_{\text{рух}} = \frac{2l_{\text{м}} \Pi_{\text{д}} \beta}{v_{\text{е}} \Omega},$$

$$\text{де } \beta = \frac{\Pi_{\text{год}}^{\text{max}}}{\Pi_{\text{д}}} = \frac{1150}{15000} = 0,076,$$

$$\omega_{\text{рух}} = \frac{2 \cdot 12,6 \cdot 15000 \cdot 0,076}{20 \cdot 65} = 22,1 \approx 23 \text{ авто.}$$

Маршрутний інтервал визначається за виразами

$$t_m = \frac{2 \cdot 60 l_m}{\omega_{\text{рух}} v_e} = \frac{2 \cdot 60 \cdot 12,6}{23 \cdot 20} = 3,3 \approx 4 \text{ хв},$$

або

$$t_m = \frac{60 \Omega}{\Pi_{\text{дб}}} = \frac{60 \cdot 65}{15000 \cdot 0,076} = 3,42 \approx 4 \text{ хв}$$

Перевіряємо кількість рухомого складу за маршрутним інтервалом

$$\omega_{\text{рух}} = \frac{120 l_m}{v_e t_m} = \frac{120 \cdot 12,6}{20 \cdot 4} = 18,9 \approx 19 \text{ авто.}$$

Остаточно приймаємо 19 автобусів.

Частота руху становить

$$p = \frac{60}{t_m} = \frac{60}{4} = 15 \text{ одиниць/год},$$

або

$$p = \frac{\omega_{\text{рух}} v_e}{2 l_m} = \frac{18,9 \cdot 20}{2 \cdot 12,6} = 15 \text{ одиниць/год}.$$

7.2. Мережевий інтервал

При суміщеному проходженні декількох маршрутів на одній лінії необхідно перевірити, чи відповідає мережевий інтервал пропускній здатності цієї лінії, чи при "накладанні" декількох маршрутів може виявитися, що зупинки не в змозі пропустити протягом години сумарну кількість транспортних одиниць.

Тривалість заняття зупинки T_o , є сумою чотирьох компонентів: витрати часу на підхід до зупинки, на посадку і висадку пасажирів, на передачу сигналу та закриття дверей і на звільнення зупинки.

Завдання: Визначити мережевий інтервал на перегоні та порівняти його з мінімальною тривалістю заняття зупинки громадським транспортом, що обслуговується 4 маршрутами: 1-ший маршрут (автобуси середньої вмістимості) – маршрутний інтервал - 6 хв. 2-гий маршрут (автобуси великої вмістимості) - маршрутний інтервал - 12 хв., 3-тій маршрут (тролейбуси великої вмістимості) - маршрутний інтервал – 10 хв, 4-тий маршрут (автобуси середньої вмістимості) – маршрутний інтервал - 7 хв Уповільнення та прискорення на зупинках становить $1,2 \text{ м/с}^2$ проміжок безпеки рівний 5м; максимальна

вмістимість 90 чол.; коефіцієнт, що враховує частку пасажирів, що входять та виходять =0,2; час на вхід або вихід одного пасажирів =2 сек. Кількість дверей – 2; час подачі сигналу і закриття дверей 3 сек.

Розв'язок: При сумішеному проходженні декількох маршрутів на одній лінії необхідно перевірити, чи відповідає мережевий інтервал пропускній здатності цієї лінії.

Визначаємо мережевий інтервал

$$t_{\text{мер}} = \frac{1}{\frac{1}{t'_M} + \frac{1}{t''_M} + \frac{1}{t'''_M} + \frac{1}{t''''_M}} \geq T_{o\min},$$

де $t_{\text{мер}}$ – мережевий інтервал, сек;

t'_M, \dots, t''_M – маршрутні інтервали на даній лінії, хв;

$T_{o\min}$ – мінімальна тривалість заняття транспортною одиницею зупинки, сек.

$$t_{\text{мер}} = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{10} + \frac{1}{7}} = \frac{1}{0,17 + 0,08 + 0,1 + 0,14} = 2,04 \text{ хв} \\ = 122 \text{ сек.}$$

Визначаємо тривалість заняття зупинки

$$T_{o\min} = \frac{3600}{\sqrt{2l/b} + \frac{p \cdot \Omega \cdot t_o}{n} + (3 \div 5) + \sqrt{2l/a}},$$

$$T_{o\min} = \frac{3600}{\sqrt{\frac{2 \cdot 5}{1,2}} + \frac{0,2 \cdot 90 \cdot 2}{2} + 3 + \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{1,2}}} = \frac{3600}{26,77} = 135 \text{ сек.}$$

Отже, при накладанні чотирьох маршрутів виявилось, що зупинка **не в змозі** пропустити протягом години сумарну кількість транспортних одиниць з заданим інтервалом руху. Для пропуску зупинкою 4-х маршрутів необхідно збільшити їх вмістимість та збільшити маршрутні інтервали.

ДОДАТОК

Таблиця А

Класифікація міст за ознакою «віддаленості населення»

| Група міст | Віддаленість населення | $L_{\text{від}}$ км |
|------------|------------------------|---------------------|
| I | Дуже мала | < 1,50 |
| II | Мала | 1,51 – 2,50 |
| III | Помірна | 2,51 – 4,00 |
| IV | Велика | 4,01 – 6,00 |
| V | Дуже велика | 6,01 – 8,50 |
| VI | Виключно велика | >8,51 |

Таблиця Б

Класифікація транспортних систем по складності сполучення з головним транспортним вузлом міста і ефективності транспортної системи.

| Складність сполучення | $T_{\text{ср}}$, хв | Ефективність системи | ε_0 |
|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------|
| Дуже мала | До 20 | Дуже мала | До 1,43 |
| Мала | 20–24 | Мала | 1,431–2,28 |
| Помірна | 24–28 | Помірна | 2,281–3,10 |
| Велика | 28–32 | Велика | 3,101–4,00 |
| Дуже велика | 32–34 | Дуже велика | 4,001–5,00 |
| Виключно велика | >34 | Виключно велика | >5,00 |

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН Б.2.2-12:2018 Планування і забудова територій. К. : Мінрегіон України, 2018. 187 с.
2. ДБН В.2.3.-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів. К. : Мін.РРБЖКГ України, 2018. 61 с.
3. Вукан Р. Вучик Транспорт в городах, удобных для жизни / пер. с англ. А.Калинича под науч. Ред. М.Блинкина: Территория будущего, Москва, 2011. 413 с.
4. Овечников Е.В., Фишельсон М.С. Городской транспорт. М. : Высш. школа, 1976. 352 с.
5. Фишельсон М. С. Транспортная планировка городов. М. : Высшая школа, 1985. 239 с.
6. Черепанов В. А. Транспорт в планировке городов. М. : Стройиздат, 1981. 215 с.
7. 7. Планування міст та транспорт : навчальний посібник / О. С. Безлюбченко, С. М. Гордієнко О. В. Завальний. Харків: ХНАМГ, 2006. 148 с.
8. Вакуленко К. Є. Управління міським пасажирським транспортом: навч. посібник / К. Є. Вакуленко, К. В. Доля; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. 257 с.

Інформаційні ресурси

1. Сайт для побудови ізохронограм пішохідної доступності
<http://pedcatch.com/>
Довідка по користуванню
<http://www.marcuswhite.com.au/pedcatch/>
2. Sustainable urban transport project <https://www.sutp.org/all-publications/>